Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt

HÄRTEMESSUNGEN AN ZÄHNEN VON MENSCHEN VERSCHIEDENEN ALTERS

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Riefenstahl
aus Berlin

1966

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535704_0038

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK
LEIDEN

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr.med., Dr.med.dent. Ewald H a r n d t

H ä r t e m e s s u n g e n a n Z ä h n e n v o n M e n s c h e n v e r s c h i e d e n e n A l t e r s

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Peter Riefenstahl
aus Berlin

Dekan: Prof. Dr. med. Alfred N. Witt

Referent: Priv. Doz. , Dr. med. dent. Karl Eichner

Koreferent: Prof. Dr. med. dent. Christian Schulze

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: **6. Dezember 1966**

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	Seite 2
II.	Literaturübersicht	3
III.	Eigene Untersuchungen	7
	Vorversuch	7
	Methodik	9
	1. Durimet-Härteprüfung	9
	2. Auswahl der Zähne und Vorbehandlung	9
	3. Ergebnisse in Tabellen in bezug auf das Alter der Patienten bei der Extraktion	12
	4. Ergebnisse in Tabellen in bezug auf die Expositionszeit der Zähne	21
	5. Statistische Auswertung	35
	6. Ergebnisse	39
IV.	Diskussion der Ergebnisse	40
V.	Zusammenfassung	41
VI.	Literaturverzeichnis	42

I. Einleitung

Seitdem sich die Vickers-Härteprüfmethode zur Messung der Härte des Schmelzes menschlicher und tierischer Zähne durchgesetzt hat, ist die zahnärztliche Forschung auf diesem Gebiet zu genauen Ergebnissen gekommen.
In früheren Arbeiten ist festgestellt worden, daß der Zahnschmelz in der Mundhöhle im Laufe der Zeit härter wird.
Diese Feststellung steht im Gegensatz zu anderen Untersuchungen, die keine Härtesteigerung des Zahnschmelzes ergaben.
Um diese Angaben zu überprüfen und zu erweitern, ist es Aufgabe dieser Arbeit, die Schmelzhärte in Abhängigkeit vom Alter der Patienten und Durchbruchsalter zu messen.

II. Literaturübersicht

Es ist anzunehmen, daß die Struktur, vor allem die Mineralisation des Zahnschmelzes einen deutlichen Einfluß auf die Kariesanfälligkeit bzw. Kariesresistenz der Zähne hat. Vor allem im Hinblick auf eine Kariesprophylaxe muß man wissen, ob sich der Zahnschmelz nach Durchbruch der Zähne noch verändert oder nicht.

H e a d (10) hatte schon 1910 beobachtet, daß Zähne unter Einwirkung von Obstsäuren an der Oberfläche rauh werden. Bei einer anschließenden Aufbewahrung der Zähne in Speichel verschwand die Rauhigkeit wieder. A n d r e s e n (1) versuchte diese Erscheinung zu erklären, er schrieb :"Man kann sich leicht denken, daß der Zahnschmelz imstande ist, anorganische Schmelzmineralien zu adsorbieren und organisieren, wenn sie in einem so feinteiligen Zustande als einer Lösung dargeboten werden, in der die betreffenden Stoffe als dissoziierte Elektrolyte vorhanden sind, also als elektrisch geladene Ionen." Dagegen hat L i ß (18) 1966 festgestellt, daß durch kurzzeitige Einwirkung saurer Nahrungsmittel am Zahnschmelz keine sicht- oder meßbaren Veränderungen auftreten. Er führt die Rauhigkeit auf eine noch unbekannte Änderung des morphologischen Zustandes des Schmelzöberhäutchens zurück.

Andere Autoren befaßten sich mit der Frage, ob der Schmelz auf dem Blutwege beeinflußbar ist. Die Beantwortung dieser Frage ist davon abnängig, ob im Schmelz ein Stoffwechsel nachgewiesen werden kann

W a n n e n m a c h e r (33) kam bei seinen Untersuchungen an Ratten, denen radioaktiver Phosphor injiziert worden war, zu der Feststellung, daß im Schmelz fertig entwickelter Zähne kein Austausch von Phosphor auf dem Wege Pulpa-Dentin statt-

findet. P a d e r s e n und S c h m i d t - N i e l s e n (23 machten ähnliche Versuche an Menschen. Bei Behandlung mit radioaktivem Phosphor stellten sie eine geringe Menge davon im Zahnschmelz fest. Wenn die Zahnkronen aber vorher abgedeckt wurden, konnte keine radioaktive Veränderung im Schmelz beobachtet werden. Das konnte nur bedeuten, daß der Phosphor aus dem Speichel gekommen sein muß und daß im Schmelz kein Stoffwechsel stattfindet.

Eine andere Methode Schmelzveränderungen festzustellen, ist das Reliefadhäsions-Abdruckverfahren, daß N e u w i r t h und W o l f (32) zur Überprüfung natürlicher und künstlicher Schmelzschäden anwendeten. Sie fanden, daß der beschädigte Schmelz nach 10 Tagen mit Kalk bedeckt war, der aus dem Speichel stammte und den Schmelz schützen sollte. Dieses Phänomen wurde Remineralisation genannt.

Da die Härte des Schmelzes durch den Mineralisationsgrad bestimmt wird, kann man durch Härtemessungen Mineralisationsänderungen feststellen. Wenn der Schmelz fähig sein soll, von außen zugeführte Salze aufzunehmen, muß das durch Härtemessungen nachzuweisen sein. Im folgenden sind die Schmelzhärtemeßmethoden und die damit erzielten Ergebnisse aufgeführt.

P i c k e r i l l (24) hatte schon 1913 Härtemessungen vorgenommen und dazu eine aus der Geologie stammende Methode benutzt. Er ließ einen Zahn unter einer Diamantspitze entlang gleiten, die er mit verschiedenen Gewichten belastete. Aus der Ritztiefe bzw. dem angewendeten Druck schloß er auf die Schmelzhärte. Eine ähnliche Methode benutzten P r o e l l und S c h u b e r t (25). Sie versuchten in allen Zähnen durch Ritzen eine Furche von 0,01 mm zu erreichen. Durch Unterschiede in der Belastung konnten sie Härteunterschiede

beweisen. Andere Autoren versuchten das Ritzverfahren zu verbessern; so benutzte K a r l s t r ö m (14) eine Apparatur, bei der ein Pendel einen Ritz im Schmelz erzeugte. Er maß die Härte, indem er die zur Bewegung des Pendels benutzten Gewichte in einer Tabelle aufführte. Mit dieser Methode konnte er Härteunterschiede an den verschiedenen Flächen des Schmelzes feststellen.

In der folgenden Zeit wurden von der Technik andere Meßverfahren entwickelt. Sie wurden auch für Härtemessungen am Zahnschmelz benutzt, weil die Ritzmethode nicht mehr befriedigte. Es sind statische Verfahren, bei denen ein Körper größter Härte (Stahl,Diamant) in das Prüfstück senkrecht eingedrückt wird. Im folgenden sind die wichtigsten statischen Prüfverfahren aufgeführt:

1. Kugeldruckverfahren von B r i n e l l,
2. Kegeldruckverfahren nach L u d w i k,
3. Vorlastverfahren nach R o c k w e l l,
4. Alpha-Durometerverfahren,
5. Monotron-Härtemeßverfahren,
6. Pyramidenmeßverfahren nach V i c k e r s.

Der Forderung an eine Schmelzhärte-Meßapparatur, hohe Meßgenauigkeit auch bei kleinsten Eindrücken in nicht homogenen Stoffen zu liefern, kommt das Pyramiden-Meßverfahren nach V i c k e r s mit dem Durimet-Härteprüfer am nächsten. K r e l l (15) hat bei seinen Messungen am Schmelz menschlicher Zähne und am Schmelz von Goldhamsterzähnen mit diesem Durimet-Härteprüfer gemessen. Er konnte keine Härteunterschiede zwischen menschlichem und tierischem Zahnschmelz feststellen. S c h i r b o r t (27) stellte Untersuchungen darüber an, ob die Schmelzhärte impaktierter und durchgebrochener Zähne

unterschiedlich sei. Er fand:" Der Schmelz erfährt nach dem Durchbruch eine eindeutige Nachhärtung: Impaktierte Zähne weisen ohne Unterschied vom Alter des Patienten eine Härte von etwa 300 Vickerseinheiten auf, während die Werte durchgebrochener Zähne bedeutend höher liegen." Er schloß auf Grund dieses Ergebnisses auf eine Schmelzhärtesteigerung in Abhängigkeit vom Lebensalter. H e r r m a n n und R o z e i k (10) konnten ebenfalls eine Steigerung der Schmelzhärte in Abhängigkeit vom Alter feststellen. Sie fanden, daß der Schmelz älterer Probanden härter war als der von Jugendlichen. Diese Erscheinung wurde von ihnen als Schmelzreife bezeichnet. Sie stehen damit im Gegensatz zu C a l d w e l l, M u n t z, G i l m o r e und P i g m a n (7), die keine altersbedingten Schmelzhärteunterschiede feststellten. K r ö n c k e (16) verglich die Mikrohärte und die Säurelöslichkeit des Schmelzes von durchgebrochenen und retinierten Zähnen. Er stellte den gleichen Härteabfall von der Oberfläche zur Schmelz-Dentingrenze und von okklusal nach zervikal bei beiden Zahngruppen fest. Die Oberflächenlöslichkeit des Schmelzes war bei retinierten Zähnen in verschiedenen Abschnitten der Zahnkrone gleich. Bei durchgebrochenen Zähnen bemerkte er das Gegenteil. Diese Ergebnisse führten ihn zu der Annahme, daß die Schmelzhärte schon vor dem Durchbruch festgelegt sei.

Die folgenden Untersuchungen sollen ein Beitrag zur Diskussion über die Schmelzreife sein. Mit Hilfe statistischer Untersuchungsmethoden soll untersucht werden, ob der Zahnschmelz nach dem Durchbruch der Zähne härter wird.

III. Eigene Untersuchungen

Um ein genaues Ergebniss zu erzielen, mußte dafür gesorgt werden, daß gleiche Untersuchungsbedingungen vorlagen. Dazu wurden Vorversuche angestellt.

A. Vorversuch

Extrahierte Zähne werden in der Regel in o,9% iger Kochsalzlösung oder in 35% igem Formalin aufbewahrt. Ein Vergleich beider Aufbewahrungsmöglichkeiten erschien im Vorversuch notwendig, weil Veränderungen der Zähne denkbar sind.
Um beide Lösungen vergleichen zu können, wurde von einem Patienten zu gleicher Zeit ein homologes Zahnpaar extrahiert. Je ein Zahn wurde in Kochsalzlösung und in Formalin aufbewahrt. Nach 10 Tagen erfolgte die Messung der Härte beider Zähne. Zur Untersuchung gelangten 8 Paare kariesfreier und vitaler Zähne. Die in Tabelle I aufgeführten Werte sind die Durchschnittswerte von je 30 Messungen an verschiedenen Stellen des Schmelzes.

Tabelle I

Härtemessung in H_v an paarigen Zähnen nach 10 tägiger Lagerung in verschiedenen Flüssigkeiten.

Zahn	0,9% ige NaCl-Lösung	Zahn	Formalin	Unterschied
-1	314 kg/mm^2	1-	321 kg/mm^2	7 kg/mm^2
3-	371 kg/mm^2	-3	415 kg/mm^2	44 kg/mm^2
2-	366 kg/mm^2	-2	401 kg/mm^2	35 kg/mm^2
+1	376 kg/mm^2	1+	403 kg/mm^2	27 kg/mm^2
+3	338 kg/mm^2	3+	379 kg/mm^2	41 kg/mm^2
2+	330 kg/mm^2	+2	336 kg/mm^2	6 kg/mm^2
+6	312 kg/mm^2	6+	320 kg/mm^2	8 kg/mm^2
3+	371 kg/mm^2	+3	418 kg/mm^2	47 kg/mm^2

Um eine Aussage über die Qualität dieses Ergebnisses machen zu können, wurden sogenannte "t-Tests" angestellt.(Erklärung siehe Seite 38) In der folgenden Tabelle Ia sind die Ergebnisse aufgeführt.

Tabelle Ia

Zahnpaar	Unterschied in kg/mm^2	Ergebnis des t-Tests
1 - 1	7	nicht signifikant
3 - 3	44	signifikant
2 - 2	35	signifikant
1 + 1	27	signifikant
3 + 3	41	signifikant
2 + 2	6	nicht signifikant
6 + 6	8	nicht signifikant
5 + 5	47	signifikant

Aus Tabelle I und Ia kann man ersehen, daß bei 5 der 8 Zahnpaare die in Formalin aufbewahrten Zähne härter waren. Das muß durch Einwirkung des Formalins zustande gekommen sein; denn es ist nicht anzunehmen, daß die Aufbewahrung in physiologischer Kochsalzlösung zu einer Erweichung des Zahnschmelzes führt. Deshalb sind die Zähne bei den folgenden Versuchen in 0,9%iger NaCl-Lösung aufbewahrt worden.

Methodik der Hauptversuche

1. Durimet-Härteprüfung

Der Durimet-Härteprüfer wurde nach der von K.L. S m i t h und G.E. S a n d e r l a n d 1925 angegebenen Härteprüfmethode entwickelt. Der Durimet arbeitet mit einem zu einer regelmäßigen, vierkantigen Pyramide geschliffenen Diamanten. Diese Pyramide hat einen Spitzenwinkel von 136'. Der Diamant wird durch eine Automatik mit konstantem Druck und jeweils gleichlanger Zeit in den Zahn eingedrückt. Der entstandene Eindruck hat dann die Form einer Pyramide. Die Höhe des Eindrucks ist abhängig von der Belastung und der Härte des Prüfkörpers.(siehe Abb. I,II Seite 46) Die Auswertung erfolgt durch visuelle Messung mit Hilfe eines Feinmessokulars. Man mißt die Länge der Eindrucksdiagonalen. Diese steht in einem direkten Verhältnis zur Belastung. Die Errechnung der Härte erfolgt mit folgender Formel:

$$H_v = \frac{1854{,}4 \times P}{d^2}$$

H_v = Vickershärte

P = Belastung in kg

d = Länge der Eindrucksdiagonalen

1854,4 = konstanter Faktor

Die Errechnung der Härte vereinfacht sich durch eine Tabelle der Firma Leitz, die die Vickershärte in Abhängigkeit von der Länge der Eindrucksdiagonalen wiedergibt.

2. Auswahl der Zähne und Vorbehandlung

Für die härtemessungen wurden Zähne benutzt, die weitgehend kariesfrei und bei der Extraktion vital waren. Zum größten Teil waren ihre Parodontien erkrankt, sodaß sie nicht mehr erhalten werden konnten.

Es kamen Zähne folgender Altersgruppen zur Untersuchung:

1. Zähne von Patienten im Alter bis zu 50 Jahren,
2. Zähne von Patienten im Alter von 51 bis 55 Jahren,
3. Zähne von Patienten im Alter von 56 bis 60 Jahren,
4. Zähne von Patienten im Alter von 61 bis 65 Jahren,
5. Zähne von Patienten im Alter von 66 bis 70 Jahren,
6. Zähne von Patienten im Alter von über 70 Jahren.

Das Alter des Zahnes ist natürlich nicht mit dem Alter des Patienten identisch, sodaß zwei Aussagen gemacht werden können:

1. Härte des Schmelzes in bezug auf das Alter des Patienten bei der Extraktion,
2. Härte des Schmelzes in bezug auf die Expositionszeit der Zähne (Zeit vom Durchbruch der Zähne bis zur Extraktion)

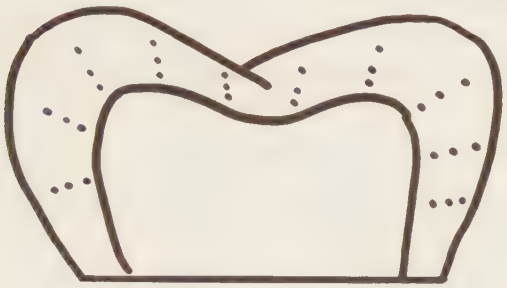
Zur Errechnung wurde die von F a n c o n i und W a l l - g r e e n(38) angegebene Tabelle benutzt.

Vorraussetzung für die Messung mit dem Durimet der Firma Leitz ist eine plane Oberfläche des zu untersuchenden Zahnes. Um diese zu erzielen, mußten die Zähne einer Vorbehandlung unterworfen werden.

1. Abschleifen einer Zahnhälfte mit einem Schleifteller,
2. Einbetten in Muffeln mit schnellhärtendem Kunststoff, sodaß die Schliffläche nicht mit Kunststoff bedeckt war,
3. Polieren der Oberfläche mit Sandpapier, Bimsstein, Schlämmkreide und Tonerde auf einer Polierscheibe, wobei Wärmeentwicklung vermieden werden mußte. Diese so vorbereiteten Zähne konnten dann mit dem Durimet auf ihre Härte geprüft werden.

Bei den Messungen aller Zähne war die Vorlast 0,05 kg. Als Zeitdauer der Belastung wurden jeweils 15 sek. gewählt. An jedem Zahn wurden 30 Messungen über den gesammten Schmelz verteilt vorgenommen.

Das folgende Schema zeigt die Messtellen.



Messergebnis eines Zahnes:

Tabelle II

Zahn: -4 Alter des Patienten: 50 Jahre

Werte der Eindrucksdiagonalen in Mikron (0,001 mm)

1.)	17,3	7.)	17,2	13.)	17,1	19.)	16,8	25.)	17,3
2.)	17,4	8.)	17,3	14.)	17,0	20.)	17,1	26.)	17,2
3.)	17,2	9.)	17,4	15.)	17,2	21.)	17,2	27.)	17,0
4.)	17,3	10.)	17,4	16.)	17,0	22.)	17,1	28.)	17,1
5.)	17,5	11.)	17,4	17.)	16,9	23.)	17,4	29.)	17,0
6.)	17,3	12.)	17,3	18.)	16,8	24.)	17,3	30.)	17,2

Zur Errechnung eines Mittelwertes wurden die maximalen und minimalen Extremwerte nicht berücksichtigt. (in diesem Protokoll die Werte Nr. 2, 5, 18, 19) Für den gefundenen Mittelwert von 17,2 Mikron findet man in der Tabelle der Firma Leitz einen Wert von H_V = 313 kg/mm^2.

3. Ergebnisse in Tabellen in bezug auf das Alter der Patienten bei der Extraktion.

Zur Untersuchung gelangten 85 Zähne von Patienten verschiedenen Alters, wobei über 50 jährige besondere Berücksichtigung fanden.

In Tabelle III sind zunächst die Mittelwerte und deren Streuungswerte aufgeführt. Die laufenden Nummern wurden in den folgenden Tabellen beibehalten.

Tabelle III

Nr.	Zahn	Patientenalter bei Extraktion	Härte kg/mm^2	Streuungswerte kg/mm^2
1	+1	43	327	325–329
2	+2	45	319	310–325
3	+6	44	309	306–313
4	1+	50	311	306–313
5	–4	50	313	306–321
6	–5	45	310	299–317
7	4–	55	345	321–353
8	–6	43	321	306–340
9	–2	47	321	310–329
10	+1	65	386	367–391
11	–3	62	371	358–386
12	5–	63	386	376–396
13	–6	68	386	371–396
14	+5	63	396	381–407
15	+2	63	376	358–396
16	3+	61	362	349–371
17	+1	70	358	345–367
18	+2	60	371	349–376
19	+5	60	391	367–401
20	+6	60	412	396–423
21	3–	56	396	381–412
22	+2	63	371	362–386
23	3–	64	360	353–367
24	–5	78	357	345–367
25	–6	55	341	332–349

Nr.	Zahn	Patientenalter bei Extraktion	Härte kg/mm^2	Streuungswerte kg/mm^2
26	4–	57	371	353–381
27	+2	51	345	336–353
28	+3	53	347	345–367
29	6+	65	361	353–367
30	+3	64	371	362–381
31	2+	52	341	332–349
32	+3	64	355	349–362
33	4+	63	376	371–386
34	+6	61	349	340–358
35	1+	66	351	345–353
36	–1	60	376	367–381
37	–1	68	365	353–371
38	–2	52	346	340–349
39	–5	71	351	345–362
40	–4	69	357	353–362
41	+2	66	361	353–367
42	+3	56	357	349–367
43	5+	51	346	340–349
44	7+	74	355	349–367
45	+6	57	376	371–386
46	3+	76	362	353–371
47	4–	67	352	345–362
48	3+	53	347	345–353
49	+5	66	345	340–358
50	4+	41	336	332–345
51	+3	75	356	353–362
52	6+	53	361	353–371
53	+1	54	345	336–353
54	1+	68	346	340–349
55	+1	53	339	336–345
56	4+	51	343	340–345
57	+5	80	349	340–353
58	6+	67	347	340–353
59	+3	53	331	329–336
60	2–	64	332	329–336
61	+1	70	345	340–349
62	3+	67	353	349–358
63	+4	67	359	353–362

Nr.	Zahn	Patientenalter bei Extraktion	Härte kg/mm^2	Streuungswerte kg/mm^2
64	+5	69	347	345-353
65	+4	67	351	349-353
66	2+	79	342	336-349
67	3+	71	339	329-345
68	+3	49	321	313-329
69	-2	49	337	332-340
70	-6	48	341	336-345
71	4+	85	352	349-358
72	+5	73	369	362-376
73	4-	73	375	371-381
74	-5	58	390	386-396
75	6+	56	391	386-396
76	-7	58	376	371-381
77	8-	54	349	345-353
78	-6	52	352	349-353
79	+4	59	359	353-362
80	5+	59	362	353-371
81	+6	62	361	358-367
82	-5	59	363	358-367
83	1-	58	345	340-349
84	4-	60	343	340-349
85	-5	57	359	353-367

In der ersten Testreihe sind Zähne von Menschen bis zu einem Alter von 50 Janren untersucht worden. In Tabelle IV sind die Meßergebnisse zusammengestellt.

Tabelle IV

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
1	+1	43	327
2	+2	45	319
3	+6	44	309
4	1+	50	311
5	-4	50	313
6	-5	45	310
8	-6	43	321
9	-2	47	321
50	4+	41	336
68	+3	49	321
69	+2	49	337
70	-6	48	341

12 Zähne	Mittelwert des Patientenalters:	46 Jahre	Mittl. Härte 322,1 kg/mm^2

Tabelle V zeigt eine Zusammenstellung der Zähne von Menschen im Alter von 51 bis 55 Jahren.

Tabelle V

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
7	4–	55	345
25	–6	55	341
27	+2	51	345
28	+3	53	357
31	2+	52	341
38	–2	52	346
43	5+	51	346
48	3+	53	347
52	6+	53	361
53	+1	54	345
55	+1	53	339
56	4+	51	343
59	+3	53	331
60	2–	54	332
77	8–	54	349
78	–6	52	352
16 Zähne	Mittelwert des Patientenalters:	53 Jahre	Mittl. Härte 345,0 kg/mm^2

In der folgenden Tabelle VI sind Zähne von Patienten im Alter von 56 bis 60 Jahren zusammengestellt.

Tabelle VI

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
18	+2	60	371
19	+5	60	391
20	+6	60	412
21	3-	56	396
26	4-	57	371
36	-1	60	376
42	+3	56	357
45	+6	57	376
74	-5	58	390
75	6+	56	391
76	-7	58	376
79	+4	59	359
80	5+	59	362
82	-5	59	363
83	1-	58	345
84	4-	60	343
17 Zähne	Mittelwert des Patientenalters:	58 Jahre	Mittl. Härte 372,7 kg/mm^2

In der folgenden Tabelle VII sind die Werte von Zähnen im Alter von 61 bis 65 Jahren angegeben.

Tabelle VII

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
10	+1	65	386
11	-3	62	371
12	5-	63	386
14	+5	63	396
15	+2	63	376
16	3+	61	362
22	+2	63	371
23	3-	64	360
29	6+	65	361
30	+3	64	371
32	+3	64	355
33	4+	63	376
34	+6	61	349
81	+6	62	361
14 Zähne	Mittelwert des Patientenalters:	63 Jahre	Mittl. Härte 370,0 kg/mm^2

Tabelle VIII ist eine Zusammenstellung der Zähne im Alter von 66 bis 70 Jahren.

Tabelle VIII

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
13	-6	68	386
17	+1	70	358
35	1+	66	351
37	-1	68	365
40	-4	69	357
41	+2	66	361
47	4-	67	352
49	+5	66	345
54	1+	68	346
58	6+	67	347
61	+1	70	345
62	3+	67	353
63	+4	67	359
64	+5	69	347
65	+4	67	341
15 Zähne	Mittelwert des Patientenalters:	68 Jahre	Mittl. Härte 354,8 kg/mm^2

In Tabelle IX sind die Werte der Zähne von Menschen im Alter von 71 Jahren und darüber aufgeführt.

Tabelle IX

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Patienten in Jahren	Härte kg/mm^2
24	-5	78	357
39	-5	71	351
44	+7	74	355
46	3+	76	362
51	+3	75	356
57	+5	80	349
66	2+	79	342
67	3+	71	339
71	4+	85	352
72	+5	73	369
73	4-	73	375

11 Zähne	Mittelwert des Patientenalters: 76 Jahre	Mittl. Härte 355,0 kg/mm^2

4. Ergebnisse in Tabellen in bezug auf das Alter der Zähne.

In den folgenden Tabellen sind die Zähne der Expositionszeit nach aufgeführt. Die Errechnung des Zahnalters wurde nach den von F a n c o n i und W a l l g r e e n angegebenen Durchbruchszeiten durchgeführt. In den folgenden Tabellen wurde die Reihenfolge der Tabelle III beibehalten.

Tabelle X

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
1	+1	37	327
2	+2	38	319
3	+6	38	309
4	1+	44	311
5	-4	49	313
6	-5	35	310
7	4-	46	345
8	-6	37	321
9	-2	40	321
10	+1	60	386
11	-3	52	371
12	5-	53	386
13	-6	62	386
14	+5	53	396
15	+2	56	376
16	3+	52	362
17	+1	64	358
18	+2	53	371
19	+5	50	391
20	+6	54	412
21	3-	47	396
22	+2	56	371
23	3-	55	345
24	-5	68	357
25	-6	49	341
26	4-	48	371
27	+2	44	345
28	+3	44	357
29	6+	59	361
30	+3	55	371
31	2+	45	341
32	+3	55	355
33	4+	54	376
34	+6	55	349
35	1+	60	351
36	-1	60	376
37	-1	62	365
38	-2	45	346
39	-5	61	351
40	-4	60	357
41	+2	59	361

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
42	+3	47	357
43	5+	41	346
44	7+	62	355
45	+6	51	376
46	3+	67	362
47	4–	58	352
48	3+	44	347
49	+5	56	345
50	4+	32	336
51	+3	66	356
52	6+	47	361
53	+1	48	345
54	1+	62	346
55	+1	47	339
56	4+	42	343
57	+5	70	349
58	6+	61	347
59	+3	44	331
60	2–	57	332
61	+1	60	345
62	3+	58	353
63	+4	58	359
64	+5	60	347
65	+4	58	351
66	2+	72	342
67	3+	62	339
68	+3	40	321
69	–2	42	337
70	–6	42	341
71	4+	76	352
72	+5	63	369
73	4–	64	375
74	–5	48	390
75	6+	50	391
76	–7	46	376
77	8–	38	349
78	6–	46	352
79	+4	50	359
80	5+	49	362
81	+6	56	361
82	–5	49	363
83	1–	51	345
84	4–	51	343
85	–5	47	359

In der folgenden Tabelle XI sind die Zähne im Alter von 32 bis 38 Jahren angegeben.

Tabelle XI

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
1	+1	37	327
2	+2	38	319
3	+6	38	309
6	-5	35	310
8	-6	37	321
50	4+	32	336
77	8-	38	349
7 Zähne	Mittelwert des Zahnalters :	37 Jahre	Mittl. Härte 324,4 kg/mm^2

In Tabelle XII sind Zähne im Alter von 40 bis 45 Jahren angegeben.

Tabelle XII

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
4	1+	44	311
9	-2	40	321
27	+2	44	345
28	+3	44	357
31	2+	45	341
38	-2	45	346
43	5+	41	346
48	3+	44	347
56	4+	42	343
59	+3	44	331
68	+3	40	321
69	-2	42	337
70	-6	42	341

13 Zähne	Mittelwert des Zahnalters: 43 Jahre	Mittl. Härte 337,4 kg/mm^2

Tabelle XIII ist eine Zusammenstellung der Werte von Zähnen im Alter von 46 bis 50 Jahren.

Tabelle XIII

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
5	-4	49	313
7	4-	46	345
19	+5	50	391
21	3-	47	396
25	-6	49	341
26	4-	48	371
42	+3	47	357
52	+6	47	361
53	+1	48	345
55	+1	47	339
74	-5	48	390
75	6+	50	391
76	-7	46	376
78	-6	46	352
79	+4	50	359
80	5+	49	362
82	-5	49	363
85	-5	47	359

18 Zähne	Mittelwert des Zahnalters: 48 Jahre	Mittl. Härte 363,9 kg/mm^2

In der folgenden Tabelle XIV sind die Werte der Zähne im Alter von 51 bis 55 Jahren zusammengestellt.

Tabelle XIV

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
11	–3	52	371
12	5–	53	386
14	+5	53	396
16	3+	52	362
18	+2	53	371
20	+6	54	412
23	3–	55	355
30	+3	55	371
32	+3	55	355
33	4+	54	376
34	+6	55	349
45	+6	51	376

12 Zähne	Mittelwert des Zahnalters : 53 Jahre	Mittl. Härte 373,7 kg/mm^2

In Tabelle XV sind die Zähne im Alter von 56 bis 60 Jahren zusammengestellt.

Tabelle XV

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
10	+1	60	386
15	+2	56	376
22	+2	56	371
29	6+	59	361
35	1+	60	351
36	-1	60	376
40	-4	60	357
41	+2	59	361
47	4-	58	352
49	+5	56	345
60	2-	57	332
61	+1	60	345
62	3+	58	353
63	+4	58	359
64	+5	60	347
65	+4	58	351
81	+6	56	361
17 Zähne	Mittelwert des Zahnalters : 58 Jahre		Mittl. Härte 357,8 kg/mm^2

In der folgenden Tabelle XVI sind die Werte der Zähne im Alter von 61 bis 64 Jahren zusammengestellt.

Tabelle XVI

Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
13	-6	62	386
17	+1	64	358
37	-1	62	365
39	-5	61	351
44	7+	62	355
54	1+	62	346
58	6+	61	347
67	3+	62	339
72	+5	63	369
73	-4	64	375

10 Zähne	Mittelwert des Zahnalters : 62 Jahre	Mittl. Härte 358,1 kg/mm^2

Tabelle XVII ist eine Zusammenstellung der Werte von Zähnen im Alter von 66 bis 76 Jahren.

Tabelle XVII

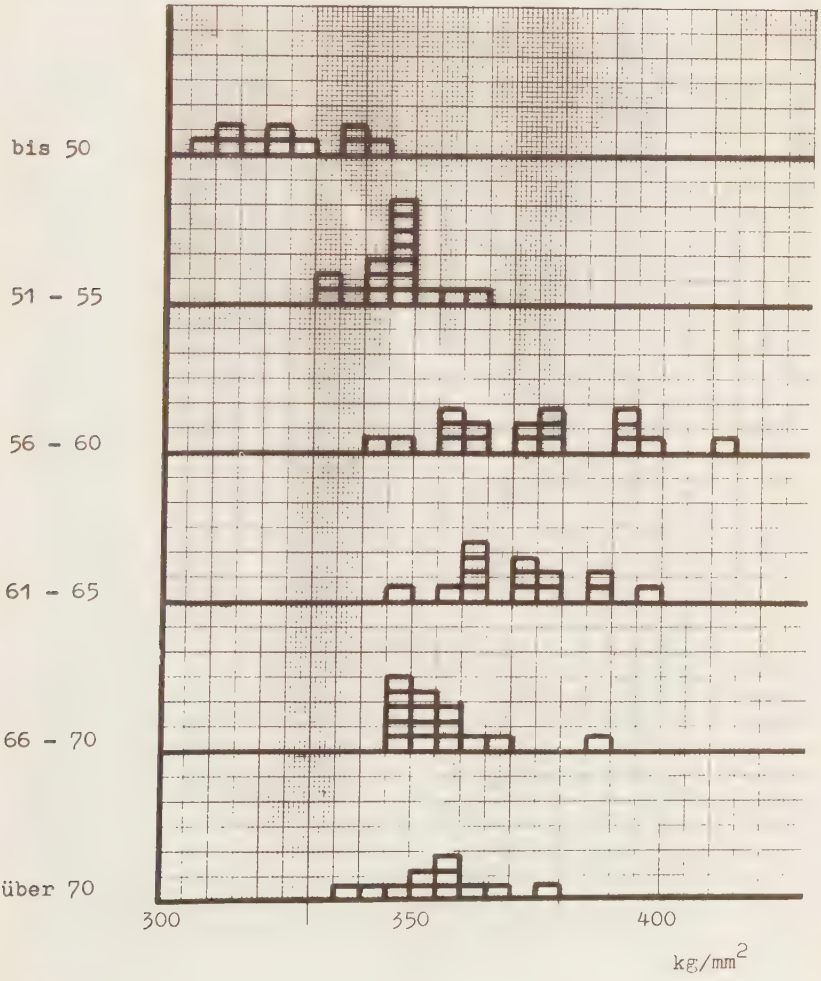
Nr. aus Tab. III	Zahn	Alter des Zahnes in Jahren	Härte kg/mm^2
24	-5	68	357
46	3+	67	362
51	+3	66	356
57	+5	70	349
66	2+	72	342
71	4+	76	352
6 Zähne	Mittelwert des Zahnalters : 70 Jahre		Mittl. Härte 353,0 kg/mm^2

Um einen besseren Uberblick über die Meßwerte zu bekommen, wurden zwei graphische Darstellungen angefertigt. Die erste zeigt die Verteilung der Meßwerte in bezug auf das Alter der Patienten bei der Extraktion, die zweite Darstellung die Abhängigkeit der Meßwerte vom Durchbruchsalter der Zähne. Da die Häufigkeiten der Meßwerte zu niedrig sind, um einen Eindruck von der Verteilung der Meßwerte zu geben, ist der Maßstab der Verteilung vergröbert worden. Es wurden sogenannte Maßzahlklassen eingeführt. Eine Klassengröße beträgt 5 kg/mm^2. Das bedeutet, daß die Meßwerte, die innerhalb der Grenzen von 5 kg/mm^2 liegen, mit einem Kasten von der Größe 5 kg/mm^2 in der graphischen Darstellung vermerkt wurden. (graph. Darstellungen siehe Seite 31 und 32)

Graphische Darstellung I

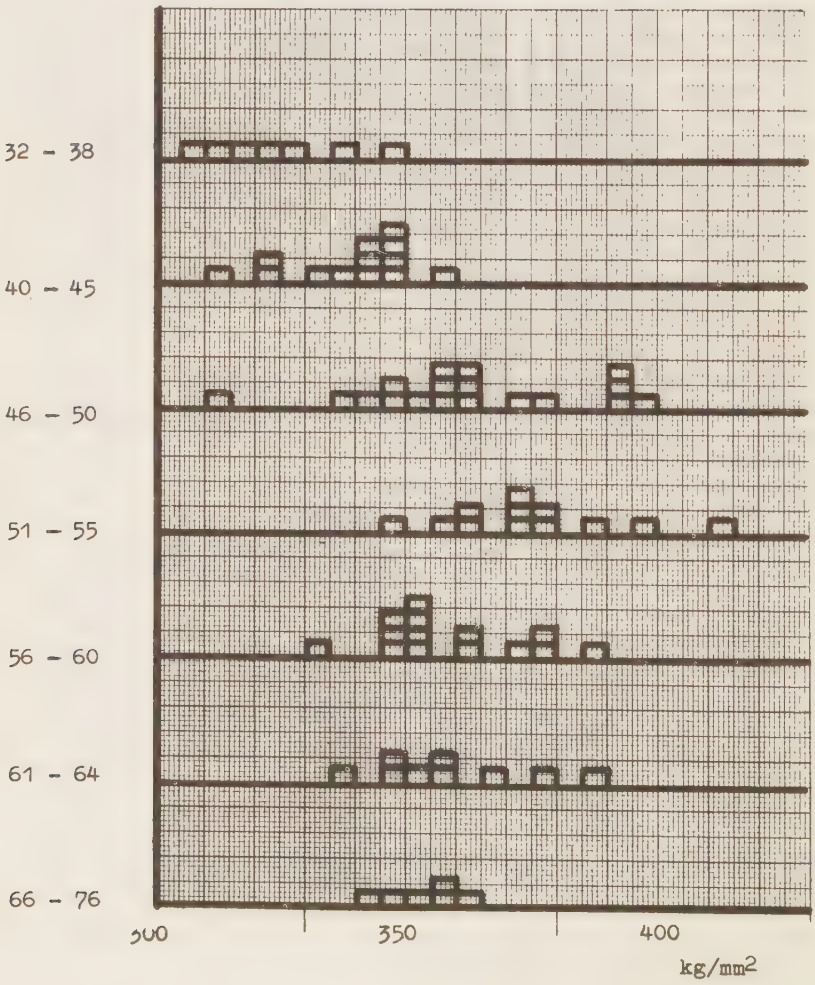
Härtewerte aus Tabellen IV, V, VI, VII, VIII, IX in Maßzahlklassen angegeben (Alter des Patienten). Eine Maßzahlklasse beträgt 5 kg/mm^2.

Alter in Jahren



Graphische Darstellung II

Härtewerte (Alter des Zahnes) aus Tabellen XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII in Maßzahlklassen angegeben. Eine Maßzahlklasse beträgt 5 kg/mm^2



In den folgenden Tabellen XVIII und XIX sind die Mittelwerte der Meßwerte aus den verschiedenen Altersgruppen zusammengestellt.

Tabelle XVIII

Altersgruppe Alter des Patienten bei Extraktion	Durchschnittl. Härte kg/mm^2
bis 50 Jahre	322,1
51 bis 55 Jahre	345,0
56 bis 60 Jahre	372,7
61 bis 65 Jahre	370,0
66 bis 70 Jahre	354,8
über 70 Jahre	355,0

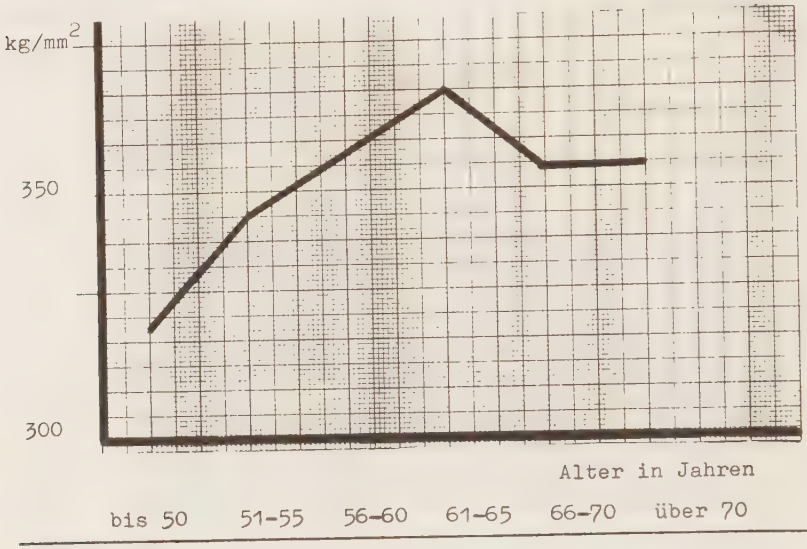
Tabelle XIX

Altersgruppe Expositionszeit der Zähne	Durchschnittl. Härte kg/mm^2
32 bis 38 Jahre	324,4
40 bis 45 Jahre	337,4
46 bis 50 Jahre	363,9
51 bis 55 Jahre	373,7
56 bis 60 Jahre	357,8
61 bis 64 Jahre	358,1
66 bis 76 Jahre	353,0

Zur Veranschaulichung wurden aus den Mittelwerten zwei Kurven gezeichnet. Die erste zeigt den mittleren Schmelzhärtewert in Abhängigkeit vom Alter der Patienten bei der Extraktion, die zweite die mittlere Härte in Abhängigkeit von der Expositionszeit der Zähne.

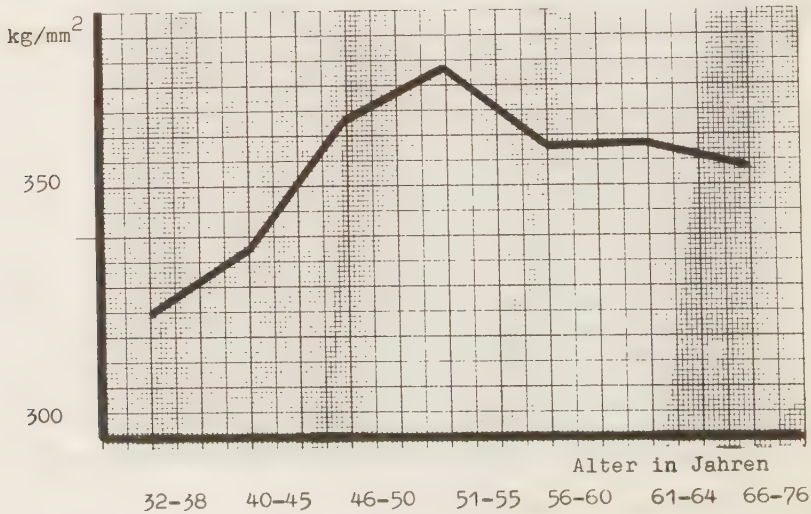
Graphische Darstellung III

Abhängigkeit der mittleren Schmezhärte vom Alter der Patienten bei der Extraktion.



Graphische Darstellung IV

Abhängigkeit der mittleren Schmelzhärte von der Expositionszeit der Zähne



5. Statistische Auswertung

Um über die Qualität der Messwerte eine Aussage machen zu können, wurde über beide Verteilungen jeweils eine Varianzanalyse angestellt und nach der von M i t t e n e c k e r (20) angegebenen Methode vorgegangen.

Zur Vereinfachung der Rechnung sind an Stelle der Härtewerte Maßzahlklassen eingeführt worden. Das Ziel der Varianzanalyse ist es, das Verhältnis der Varianz "zwischen" den Gruppen zu der Varianz "innerhalb" der Gruppen herauszufinden. Man geht von folgender Beziehung aus:

Totale Quadratsumme = Quadratsumme "innerhalb" + Quadratsumme "zwischen"

Die totale Quadratsumme ist die Summe der quadratischen Abweichungen aller Maßzahlen sämtlicher Gruppen vom totalen Mittelwert der Maßzahlen sämtlicher Gruppen.

$$\text{Totale Qu. S.} = SX^2 - \frac{(SX)^2}{N}$$

X = Maßzahl

N = Anzahl der Maßzahlen aller Gruppen

Die Quadratsumme "zwischen" den Gruppen wird nach folgender Formel errechnet:

$$\text{Qu. S. "zwischen"} = \frac{(SX_1)^2}{N_1} + \frac{(SX_2)^2}{N_2} + \cdots\cdots - \frac{(SX)^2}{N}$$

SX_n = Summe der Maßzahlen in den einzelnen Gruppen

N_n = Anzahl der Maßzahlen in den einzelnen Gruppen

Die Quadratsumme "innerhalb" kann nach folgender Beziehung berechnet werden:

Qu. S. "innerhalb" = Qu. S. "total" - Qu. S. "zwischen"

Beim Ablesen der Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten

Wert muß berücksichtigt werden, wieviele Einzelhäufigkeiten, in diesem Fall wieviele Meßwerte und wieviele Einteilungen dem Alter nach, miteinander kombiniert wurden. Da nun aber die Gesammtsumme der Härtewerte bekannt ist, kann eine Gruppe der Alterseinteilungen aus den restlichen Gruppenwerten errechnet werden, d.h. sie kann nicht mehr variieren, sie ist nicht mehr "frei". Die Zahl der Freiheitsgrade wird noch folgender Beziehung errechnet:

"zwischen" = $r - 1$

"innerhalb" = $N_1 - 1 + N_2 - 1 + \ldots\ldots N_n - 1 = N - r$

"total" = $N - 1$

r = Zahl der Gruppen

N_n = Anzahl der Werte in den einzelnen Gruppen

N = Gesammtzahl aller Werte

Nachdem alle Werte errechnet sind, werden sie in einer Tabelle geordnet und durch Division der Quadratsummen durch die dazugehörenden Freiheitsgrade die mittleren Quadrate errechnet. Mit den mittleren Quadraten kann jetzt die Division:

$$\frac{\text{Varianz zwischen den Gruppen}}{\text{Varianz innerhalb der Gruppen}} = F$$

durchgeführt werden.

Der gefundene Wert F kann bei einem Vergleich mit einer von Mittenecker (20) aufgeführten Tabelle eine bestimmte Wahrscheinlichkeit angeben.

Varianzanalyse über die Tabellen: III, IV, V, VI, VII, VIII, IX

Alter der Patienten

Ergebnis:

Quelle der Variation	Quadratsumme	df	Mittl. Qu.	F
Zwischen den Gruppen	978	5	195,6	
innerhalb der Gruppen	702	79	8,8	22s
Total	1680	84		

Varianzanalyse über die Tabellen: X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVI

Alter der Zähne

Ergebnis:

Quelle der Variation	Quadratsumme	df	Mittl. Qu.	F
Zwischen den Gruppen	1251	6	208,5	
Innerhalb der Gruppen	1045	78	13,4	15,5s
Total	2296	84		

Die in beiden Analysen gefundenen F-Werte bedeuten eine hohe Varianz zwischen den Alterseinteilungen. Man kann sagen, daß eine signifikante Härteveränderung vorliegt.

Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zu prüfen, wurden sogenannte t-Tests durchgeführt. Diese vereinfachen sich, da sie mit den Werten der Varianzanalyse durchgeführt werden können. Man benutzt die folgende Formel:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{S_{diff.}}$$

M_1 und M_2 bedeuten die Mittelwerte zweier Gruppen

$S_{diff.}^2 = SM_1^2 + SM_2^2$

S = Mittl. Quadrat innerhalb der Gruppen

In den folgenden Tabellen XIX und XX sind die Ergebnisse der t-Tests aufgeführt.

Tabelle XIX

Unterschied zwischen Tabelle (Alter des Patienten)	
IV und V	signifikant
V und VI	signifikant
VI und VII	nicht signifikant
VII und VIII	signifikant
VIII und IX	nicht signifikant

Tabelle XX

Unterschied zwischen Tabelle (Expositionszeit der Zähne)	
XI und XII	signifikant
XII und XIII	signifikant
XIII und XIV	nicht signifikant
XIV und XV	signifikant
XV und XVI	nicht signifikant
XVI und XVII	signifikant

Das bedeutet, daß der Zahnschmelz eine signifikante Härtung bis zu einem Alter (in bezug auf das Alter der Patienten) von 60 Jahren erfährt und dann signifikant auf einen geringeren Härtewert sinkt.

Eine ähnliche Aussage kann man auf Grund der Tabelle XX für eine Härtung in bezug auf die Expositionszeit der Zähne machen. Die Härte steigt bis zu einem Alter des Zahnes von 55 Jahren und fällt dann in geringerem Maße.

6. Ergebnisse

Auf Grund der statistischen Auswertung kann man feststellen, daß der Zahnschmelz im Laufe des Lebens härter wird. Die Steigerung der Härte steht in einem bestimmten Verhältnis zum Alter des Zahnes. Beim Vergleich der Tabellen, die sich auf das Alter der Patienten bei der Extraktion beziehen, kann eine signifikante Steigerung der Härte bis zu einem Alter von 60 Jahren festgestellt werden.

Der Mittelwert der Schmelzhärten stieg von 372,1 kg/mm^2, in der Altersgruppe bis zu 50 Jahren, auf 372,7 kg/mm^2 in der Altersgruppe von 56 bis 60 Jahren. Der Unterschied zu der folgenden Altersgruppe (61 bis 65 Jahre) ist nicht signifikant. Der Mittelwert dieser Gruppe beträgt 370,0 kg/mm^2. Dagegen fällt die durchschnittliche Härte zu der Altersgruppe 66 bis70 Jahre ab und bleibt in der letzten Gruppe gleich.

Der Vergleich innerhalb der Altersgruppen in Abhängigkeit vom Durchbruchsalter der Zähne zeigt einen ähnlichen Verlauf der Schmelzhärten.

Es ist ein Anstieg der Härtewerte von durchschnittlich 324,4 kg/mm^2 in der Gruppe der 32 bis 38 Jahre alten Zähne, auf 375,8 kg/mm^2 in der Gruppe der 56 bis 60 Jahre alten Zähne festzustellen. In den folgenden Gruppen 61 bis 64 und 66 bis 76 Jahre fällt der Härtewert auf 353,0 kg/mm^2 ab. Man kann also bei beiden Alterseinteilungen einen Anstieg der Schmelzhärte und einen späteren Abfall feststellen.

IV. Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß der Zahnschmelz mit steigendem Alter des Patienten und des Zahnes eine Härtung erfährt, die aber im höheren Alter teilweise zurückgeht.

Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu jenen Autoren, die bei ihren Untersuchungen keine Härteunterschiede gefunden haben, es muß also C a l d w e l l, M u n t z, P i g m a n und G i l m o r e (7) widersprochen werden. Diese Autoren fanden bei ihren Untersuchungen mit dem Knoop-Diamanten am Durimet keine Unterschiede in der Härte an Zähnen gleichen Typs, verschiedenen Alters und an verschiedenen Zahnflächen. Tatsächlich ist eine starke Veränderung der Schmelzhärte in Abhängigkeit vom Alter festzustellen. Der Annahme von K r ö n c k e (16), daß die Schmelzhärte schon beim Durchbruch der Zähne gegeben ist, muß deshalb ebenfalls widersprochen werden. Auch steht dieses Ergebnis im Gegensatz zu den Untersuchungen von W e b e r (35), der auf Grund seiner Messungen über die Remineralisation durch den Speichel zu einer völligen Ablehnung jeder Mineralisation gekommen war. Ergänzt werden können die Angaben von P r o e l l und S c h u b e r t (25) dahingehend, daß die Schmelzhärte im Laufe des Alters zunimmt, ein Maximum von 372 kg/mm^2 erreicht und dann wieder auf einen Wert von 358 kg/mm^2 absinkt. Weitgehende Übereinstimmung besteht auch mit den Ergebnissen von S c h i r b o r t (27) in bezug auf Schmelzhärteunterschiede. Nur muß seiner Annahme widersprochen werden, daß bei Zähnen alter Patienten keine Härteunterschiede auftreten. Die graphischen Darstellungen zeigen einen deutlichen Abfall der Härte nach einem Alter von 65 Jahren der Patienten und 55 Jahren der Zähne.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollten Härtemessungen mit dem Durimet-Härteprüfer nach der Methode von Vickers an menschlichen Zähnen in Abhängigkeit vom Lebensalter der Patienten und dem Durchschnittsalter des Zahnes durchgeführt werden. In einem Vorversuch wurde festgestellt, daß die Aufbewahrung menschlicher Zähne, die zur Härtemessung vorgesehen sind, am sichersten in physiologischer Kochsalzlösung erfolgt, weil Formalin zu einer "Härtung" führt. 16 halbierte Zähne, jeweils paarig aus einem Kiefer, standen für diesen Vergleich zur Verfügung.

Zur Klärung der gestellten Aufgabe wurden 85 vitale, kariesfreie Zähne von Patienten verschiedenen Alters gesammelt und zur Härtemessung vorbereitet. Die Zähne wurden in Altersgruppen in bezug auf das Alter der Patienten bei der Extraktion und in bezug auf das Durchbruchsalter der Zähne geordnet.

Es konnte festgestellt werden, daß der Zahnschmelz eine signifikante Härtesteigerung im Laufe der Zeit erfährt, die nach Erreichung eines Maximalwertes im Alter von 50 bis 65 Jahren bei zunehmenden Alter wieder, wenn auch in geringem Maße, abnimmt. Die Härtesteigerung steht in einem bestimmten Verhältnis zum Alter des Patienten und des Zahnes.

Literaturverzeichnis

1. Andresen, V. — Über Mineralisation und Remineralisation des Zahnschmelzes. Dtsch.Mschr.Zahnhk. 39,4,1921

2. Balle, D. — Mikrohärtemessungen an gesundem und kariösem Zahnschmelz. Diss. Tübingen 1961

3. Balogh,Molnar Schranz,Huszar — Gerostomatologie Johann-Ambrosius-Barth, Leipzig 1962

4. Boedecker,Ch. — Die Ernährung der dentalen Gewebe Ref.Dtsch.zahnärztl.Wschr.35,739,32

5. Bona,K. ,Kohari,St. — Vergleichende elektronenmikroskopische Untersuchungen von Zahnschmelz und Dentin von Individuen verschiedenen Alters Dtsch.Zahnärztl.Zschr.15,1009,1960

6. Born,J. — Untersuchungen menschlicher und tierischer Zähne mit Hilfe des Ritzverfahrens zur Feststellung ihrer Härte und ihres strukturellen Aufbaus. Diss.Bonn 1938

7. Caldwell,R.C. Muntz,M.L. Gilmore,R.W. — Mikrohardness studies of intakt surface enamel. J.Dent.Res. 36,732,1957

8. Craig,R.G. Peyton,F.A. — Mikrohardness of enamel and dentin. J.Dent.Res. 36,661,1958

9. Gatting,E. — Untersuchungen über die exogene posteruptive Mineralisation des menschlichen Zahnschmelzes. Diss. Berlin 1952

10. Head,J. — Erweichung und Wiedererhärtung des Schmelzes als ein Faktor bei der Erosion. Cosmos 1,46,1910

11. Herrmann,M. Rozeik,F. — Über die Schmelzreife. Zahnärztl.Welt 63,425,1962

12. Helmke,J. — Bau und Struktur der Zahnhartsubstanzen. Dtsch.Zahnärztl.Zschr. 15,155,1960

13. Hodge, H.C. — Hardness tests on teeth J.Dent.Res. 15,271,1936

14. Karlsröm,S. — Physical,physiological and pathological studies of dental enamel with special references to the question of its vitalyty. Fahlcrantz,Stockholm 1931

15. Krell,F. — Härteprüfungen am Schmelz und am Dentin von Goldhamster-und mensch. Zähnen. Diss. Berlin 1953

16. Kröncke,A. — Oberflächenlöslichkeit und Mikrohärte des Zahnschmelzes verlagerter menschlicher Zähne. Orca,III,119,1965

17. Kröncke,A. — Exogene Schmelzreifung im Lichte experimenteller Untersuchungen. Dtsch.Zahnärztl. Zschr.20,596,1965

18. Liß,J. — Die Rauhigkeit der Zahnoberflächen beim Genuss saurer Nahrungsmittel. Diss. Berlin 1966

19. Martens,H. — Handbuch der Materialkunde 1,234,1898

20. Mittenecker,E. — Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Deuticke, Wien 1964

21. Müller,U. — Vergleichende experimentelle Untersuchungen über die Härte von Schmelz und Dentin bei menschlichen und tierischen Zähnen unter besonderer Berücksichtigung der Trächtigkeitsdauer. Diss. Berlin 1954

22. Münch,J. — Beitrag zur Frage der Vitalität des Schmelzes. Vjschr.Zahnhk. 45,523,1932

23. Pedersen,P.O. Schmidt-Nielson,S. — Untersuchungen über Stoffwechsel in den Zahnhartgeweben menschlicher Zähne unter Anwendung radioaktiven Phosphors als Indikator. Schweiz.Mschr.Zahnhk. 51,647,1941

24. Pickerill,H.P. — Verhütung von Zahnkaries und Mundsepsis. W.Vjschr.Zahnhk.8,53,1912

25. Proell,F.W. Schubert — Die Ritzhärte des Schmelzes. Zschr.Stomat. 11,1047,1928

26. Richter,H. — Über Ritz-und Kugeldruckhärte der harten Zahnsubstanzen, ein kritischer Vergleich. Zschr.Stomat.29,591,1931

27. Schirbort,K. — Physikalische Untersuchungen über die Nachhärtung des menschlichen Zahnschmelzes. Diss. Berlin 1963

28. Schramm,G. — Härtemessungen am Zahnschmelz. Zahnärztl.Praxis 9,127,1956

29. Stein, H. — Die thermischen und mechanischen Einflüsse auf die Zahnhartsubstanzen menschlicher Zähne durch normal-,hoch-und hochsttourige Präparation. Diss. Berlin 1963

30. Toyoda,S. — Experimentelle Untersuchungen über die altersstufigen Veränderungen der Härte des Zahnschmelzes. Nippon no shikai 17,214,1957

31. Tuerkheim,H. — Über den sogenannten Schmelzstoffwechsel. Zschr.Stomat.23,642,1925

32. Tuerkheim,H. — Über den Gehalt des Speichels an Mucin,Ammoniak,Kochsalz und Calcium Dtsch.Mschr.Zahnhk.14,125,1926

33. Wannenmacher,E. — Diffusionsvorgänge in den harten Zahnsubstanzen,insbesondere im Zahnschmelz. Dtsch.Zahn-Mund-Kieferhk.5.47,38

34. Wannenmacher,E. — Das biologische Verhalten des Schmelzes unter Berücksichtigung von experimentellen Ergebnissen mit radioaktiven Stoffen. Dtsch.Zahnärztl. Zschr.4,14,925,49

35. Weber,R. — Experimentelle Untersuchungen über die Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes durch den Speichel. Zschr.Stomat. 27,912,1929

36. Wenzel,H. — Härteprüfungen von Schmelz und Zahnbein. Diss. Berlin 1921

37. Wolf,H. Neuwirth,F. — Reparative Vorgänge an der Oberfläche natürlicher und künstlicher Schmelzdefekte. Dtsch.Zahn-Mund-Kieferhk.8,222,41

38. Pschyrembel,W. — Klinisches Wörterbuch. Walter de Gryter & Co. Berlin 1959 S.176

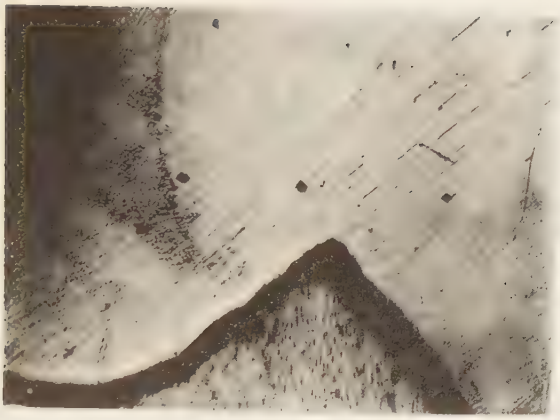


Abb. I Eindrücke mit dem Durimet, 180 fache Vergr.
Oben Schmelz mit Eindrücken, unten Dentin.
Eindrücke = 4 Punkte in der Mitte des Bildes.

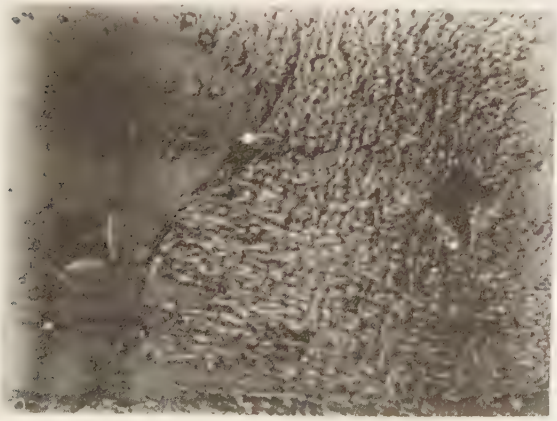


Abb. II Eindrücke mit dem Durimet, Vergr. etwa 600 fach.

Herrn Oberarzt Dr. K. Eichner möchte ich für die Überlassung des Themas dieser Arbeit und für die freundliche Unterstützung herzlich danken.

Lebenslauf

Als Sohn des Kaufmanns Otto Riefenstahl und seiner Ehefrau Olga Riefenstahl, geb. Langhoff wurde ich am 29.9.1938 in Berlin geboren. Nach 13jährigem Schulbesuch bestand ich im März 1957 die Reifeprüfung an der Lessing-Oberschule in Berlin-Wedding. Im Mai 1957 begann ich das Studium der Zahnmedizin an der Freien Universität Berlin. Ich studierte nur in Berlin und approbierte am 1.8.1963.
Seitdem war ich in verschiedenen Zahnarztpraxen als Zahnarzt tätig.